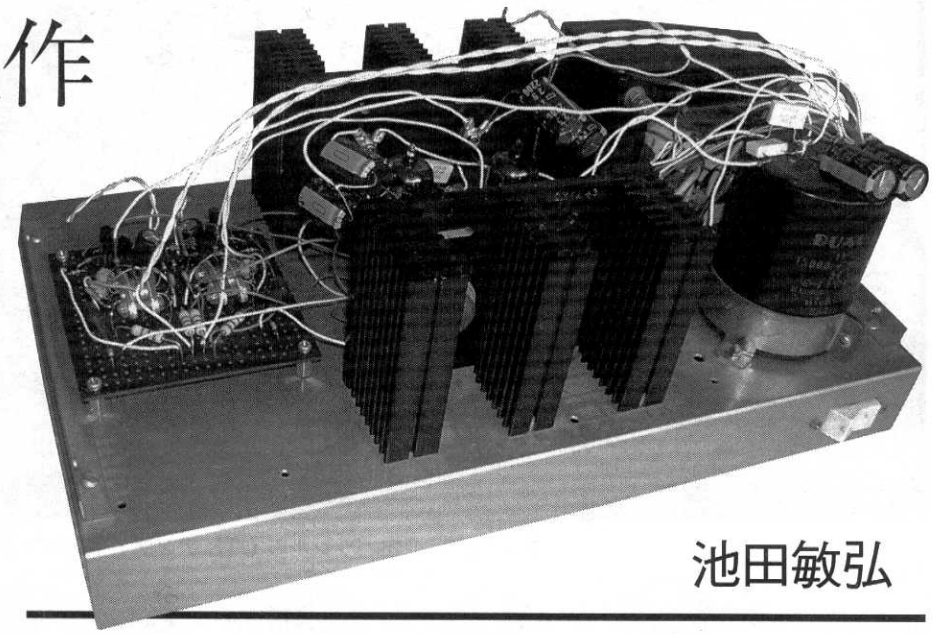
●3極管OTLアンプの音を狙った
0バイアス駆動 ハイブリッド・パワー・アンプの製作



池田敏弘

3極管OTLサウンドと省エネの両立化

3極管出力によるOTLアンプは耳に心地よいサウンドを奏でてくれます．OTLアンプは，その名のとおり，出力トランスを介さず，16Ωとか8Ωといった低インピーダンスのスピーカを出力段素子が駆動するアンプです．そのため，出力段の3極管には内部抵抗が低い素子が求められ，もっぱらレギュレータ用途などの球がよく用いられます．

しかしこうした球は，一般的にヒータ電力が大きい傾向にあり，OTL球の代表格である6C33CBを例にしますと，ヒータ電力で約40Wとなります．プッシュプル(PP)のステレオ構成となりますと，ヒータ電力だけで約160Wと，ちょっとしたミニ電気ストーブなみの電力となります．

さらに，プレート電圧には100Vほどの電圧が加わり，200～300mAほどのアイドリング電流が流れますので，無信号時でプレート損失が20～30W，PPステレオ構成で100W前後となります．省エネが必須となる昨今，冬場は暖房を兼ねて使用できますが，それ以外の季節に使用するには厳しいものがあります．

一方，市販アンプの多くは効率の優れた半導体アンプが占めています．省エネの条件は満たしますが，3極管OTLのような心地よいサウンドを奏でるアンプはわずかであり，さらに，長時間，音楽を楽しめるアンプとなりますと，見当たらない傾向にあります．

そこで今回，3極管OTLサウンドと省エネの両立化を図ったアンプを具体化しましたので，発表させていただきます．

3極管OTLアンプの特徴

省エネを検討する前に，3極管OTLが耳に心地よい点について考えてみます．

3極管の入出力特性から出力されるひずみ成分は偶数次高調波が主です．偶数次とは倍音であり，人間の耳へはハーモニクス効果を持ち，好ましく感じられます．

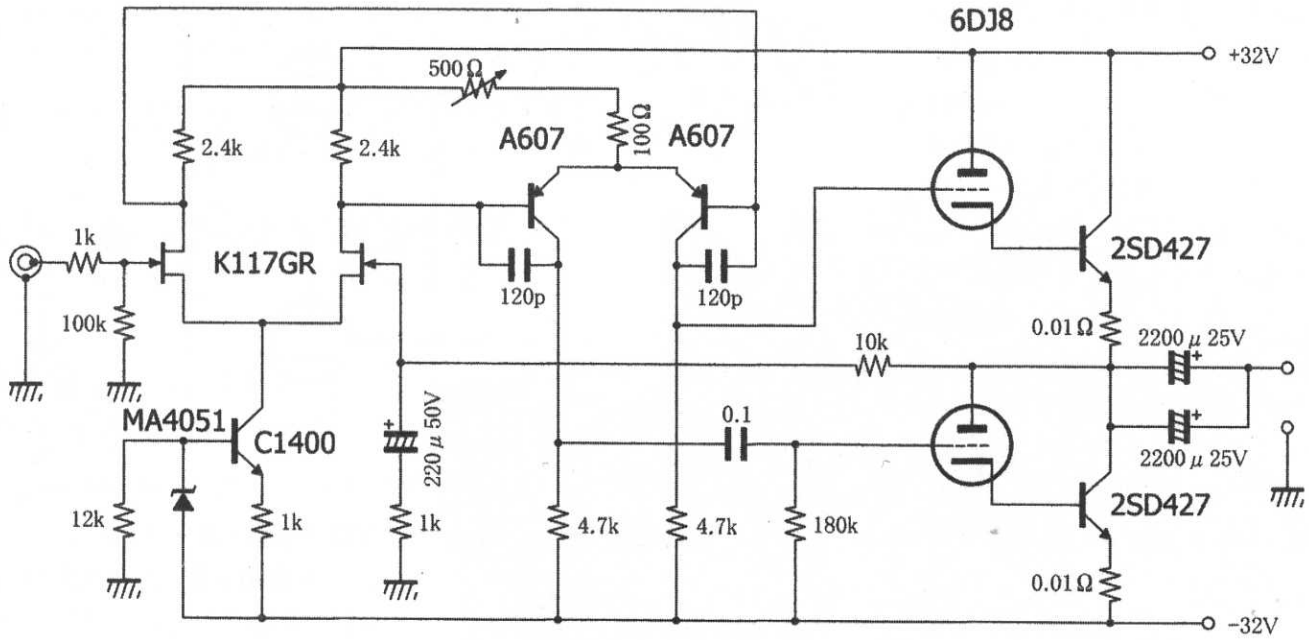
OTLアンプを構成する場合，一般に**第1図**のようなSEPP(シングル・エンドPP)が使用されますが，PP動作により偶数次ひずみは打ち消されますが，そのレベルにより，音楽再生に適度なハーモニクス効果を得ることが可能となり，人間の耳へは聴きやすく感じられます．

一方，真空管でも，5極管やビーム管といった多極管では，その入出力特性からひずみ成分には奇数次の高調波が多く存在します．奇数次の高調波は人間の耳へは苦痛に感じられます．実際，無帰還5極管シングル・アンプの音を聴きますと，耳に突き刺さるように感じられ，音楽再生には向いていません．そのため，帰還を施すか，3結とするなど，奇数次高調波ひずみを抑える手段がとられています．

トランジスタ，MOS-FETといった半導体素子も，入出力特性から出力されるひずみ成分の多くは奇数次高調波となっています．こうした点が，心地よく感じられる市販アンプが見られない理由の1つと考えられます．

というわけで，心地よい音楽再生アンプの実現には出力段に3極管の入出力特性を有することが重要なポイントの1つと考えられます．

事実，市販アンプで3極管入出力



〈第3図〉0バイアス駆動6DJ8ドライブTr出力パワー・アンプの増幅部回路

られます．これらの内容を満足させる手段として，つぎの0バイアス駆動方式により実現しました．

正電圧側出力段は，電圧増幅段の正相出力を直接グリッドへ入力します．一方，負電圧側の出力段は，電圧増幅段の逆相出力をコンデンサを介してグリッドと接続し，−VのDCバイアスを加えます．負電圧側は，これで0バイアス動作が実現されます．

正電圧側は，エミッタ出力から初段反転入力にDC帰還を掛けます．NFB回路の電解コンデンサのインピーダンスはDCでは無限大ですから，DCゲインはほぼ1倍となり，正電圧側のグリッドはほぼ0VのDC電位に設定され，出力DCオフセット電圧は0Vになり，安定に動作します．エミッタ側には，アイドル電流確認のため微小抵抗0.01Ωを入れています．

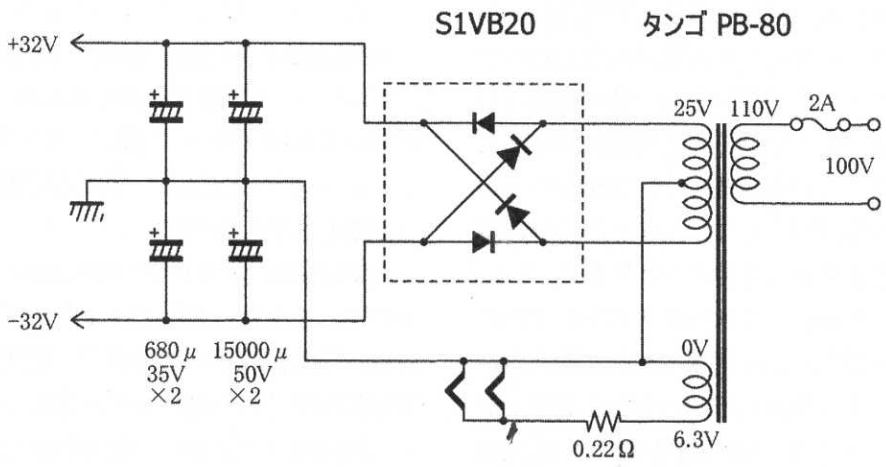
この構成の0バイアス駆動方式は，3極管にとってもトランジスタにとっても好都合な動作状態にあり，アンプ回路もシンプルになります．

3極管の動作ポイントで見れば，トランジスタの順方向電圧Vbe分の逆バイアスが掛かっていることになります．仮に，トランジスタが熱暴走寸前になると，Vbeは大きくなろうとします．3極管のバイアス電圧からみれば深い方向への動きとなるため，カソード電流は抑制されることになります．これによりトランジスタへのベース電流が抑制され，コレクタ電流も抑制され，熱暴走には至らないことになります．

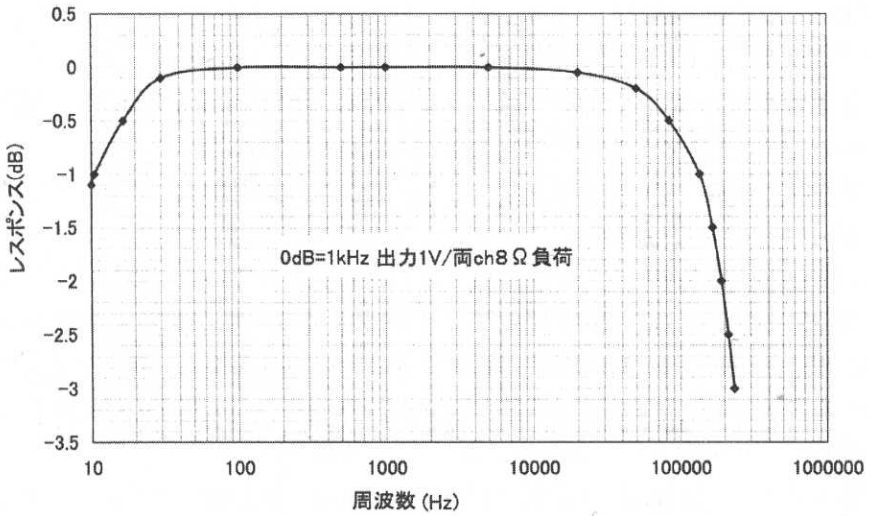
真空管が温まれば，DCオフセット電圧はほぼ0Vとなりますので，直接スピーカをドライブすることが可能ですが，万一の取り扱い誤りなどを考慮し，カップリング・コンデンサを接続しています．

このコンデンサとスピーカのインピーダンスとで，低域の時定数を形成することになりますから，低域特性を考慮しますと，容量の大きなものが望ましくなります．そこで，2200uFを2個並列接続した4400uFに220μFを加えて，カップリング・コンデンサとしています．これにより，出力直結時とほぼ変わらない音質を楽しめると考えます．

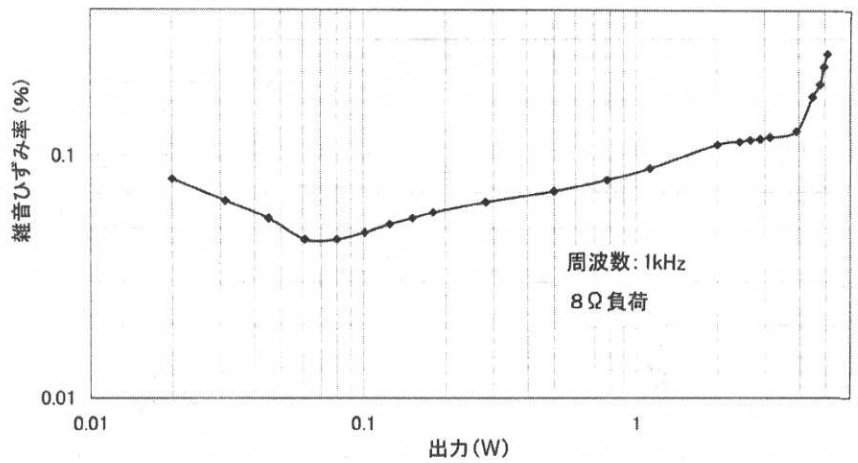
このカップリング・コンデンサを入れることで，スピーカのON/OFFスイッチやリレー回路を削除することが可能となり，電源ON／OFFのたびにスイッチを操作（動作）する必要がなくなります．



〈第4図〉本機の電源部回路



〈第5図〉本機の出力対周波数特性



〈第6図〉本機の雑音ひずみ率特性

然ながら，特性に特異なピークやディップがいっさいないため，1kHz,10kHz, 100kHzの方形波レスポンスはきれいで，アンダシュート，オーバシュート，リンギングなどの波形乱れはまったく見受けられません．

雑音ひずみ率特性を**第6図**に示します．一般家庭の実使用出力レベルの特性としては，PPによる偶数次ひずみの低減とNFB効果により十分な特性となっています．一般家庭での実用出力レベルと考えられる0.1W付近で0.1%を軽く切っています．それ以上の出力では，ソフト・ディストーション特性で，ひずみ率は緩やかに上昇しています．400HzのHPFをオン・オフしても大差はなく，ハムなどのノイズが抑えられています．

気になる点として，低負荷時の1.5W付近以上でクロスオーバひずみが見られることです．負荷を8Ωから16Ω，さらに軽くしますと，クロスオーバひずみは消滅します．この現象は，パワーTrへのベース電流不足によって生じていると考えられます．これをなくすには，最終段パワーTrにhfeが大きなタイプを使用すること，ドライバ段6DJ8のカソード電流を増やすことなどが考えられます．

最大出力は，両ch／8Ω負荷で5W+5W強(0.26%ひずみ)です．両ch／16Ω負荷では約8W+8Wです．最終段にパワーTrを使用しているとはいえ，ドライバ段6DJ8の内部抵抗が2.6kΩほどあることから，出力段の内部抵抗は16Ω強と考えられ，そのため16Ω負荷での最大出力が8Ωより大きくなっています．

聴いてみて

製作したアンプは，自作のアナデジCDプレーヤとALTEC CD408-8A（ソニーSS-7090箱入りバスレフ）とALTEC CF404-8A（Kit屋フロント・ロード箱入り）のスピーカを使って試聴しました．

半導体が多くを占めるアンプにも関わらず，3極管OTLのように，大音量でも聴きやすいサウンドです．ただ最終段が3極管の場合に比べ，ハーモニクスの響きは少しもの足りない感じです．音楽再生を豊かにするハーモニクスがもう少しあるとさらによい感じです．そのぶん，音はクリアながら，長時間聴いても疲れは感じられません．

高能率(98dB:1W・1m)のCD408-8Aから再生される音は力強く，ソースに記録されている音楽信号が正確に再生されているように感じられます．低域のしまり具合や制動力は，さすがハイブリッドPP出力と思わせる再生能力です．中高域も，タッチ感がよくわかるピアノ音，切れのあるハイハット音，どの楽器も音声も，明確に，バランスよく奏でられています．

ただ，視覚上は3極出力管のようなオレンジ色の灯火が控えめとなるため，少し物足りなさを感じます．とはいえ，0バイアス駆動ハイブリッド出力アンプとして，省エネでありながら，3極管OTLサウンドに近い聴きやすい音が楽しめますから，21世紀の音楽再生アンプにふさわしい方式の一つであるといえるのではないでしょうか．

●ホームページ：
http://www.geocities.jp/seychelle_7/